


**Method for analyzing texture of digital image**

Patent Number: ☐ EP1089232, A3  
Publication date: 2001-04-04  
Inventor(s): CHOI YANG-LIM (KR); SHIN HYUN-DOO (KR); MANJUNATH B S (US)  
Applicant(s): SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD (KR); UNIV CALIFORNIA (US)  
Requested Patent: ☐ JP2001134768  
Application Number: EP20000308501 20000928  
Priority Number(s): US19990157077P 19991001  
IPC Classification: G06T7/40  
EC Classification: G06T7/40  
Equivalents: CN1298162, KR2001039811  
Cited patent(s):

---

**Abstract**

---

A digital image texture analyzing method uses (302) the mean ( $\mu_0$ ) and variance ( $\sigma_0$ ) of the pixel values of an original image. Further,  $m \times n$  filtered images are obtained (304) by filtering the original image using predetermined filters, each having a unique combination of one of  $m$  scales and one of  $n$  orientations, where  $m$  and  $n$  are predetermined positive integers, and the means ( $\mu_{11}$ ,  $\mu_{21}$ , ...,  $\mu_{mn}$ ) and variances ( $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , ...,  $\sigma_{mn}$ ) of the respective filtered images are calculate (306). A texture descriptor is obtained (308) having the mean ( $\mu_0$ ) and variance ( $\sigma_0$ ) of the pixel values of the original image and the means ( $\mu_{11}$ ,  $\mu_{21}$ , ...,  $\mu_{mn}$ ) and variances ( $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , ...,  $\sigma_{mn}$ ) of the respective filtered images obtained in the step (c), as texture features. The texture analyzing method allows image textures to be more accurately analyzed and compared for similarity, even when an image is rotated and/or enlarged or reduced relative to another image. 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-134768

(P 2 0 0 1 - 1 3 4 7 6 8 A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001. 5. 18)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G06T 7/40

G06T 7/40

Z

審査請求 有 請求項の数42 O L (全19頁)

(21) 出願番号 特願2000-300614 (P 2000-300614)  
(22) 出願日 平成12年9月29日 (2000. 9. 29)  
(31) 優先権主張番号 1 5 7 . 0 7 7  
(32) 優先日 平成11年10月1日 (1999. 10. 1)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390019839  
三星電子株式会社  
大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416  
(72) 発明者 申 鉉▲ドウ▼  
大韓民国京畿道城南市盆唐区九美洞221番  
地ムジゲマウル青丘アパート510棟1302号  
(72) 発明者 崔 良林  
大韓民国京畿道水原市八達区牛満洞105番  
地牛満鮮京アパート102棟1112号  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武 (外1名)

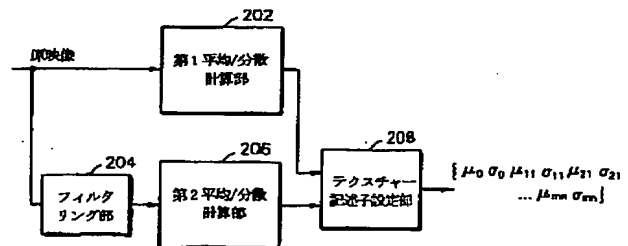
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタル映像テクスチャー分析方法

(57) 【要約】

【課題】 映像のテクスチャー特性をより正確に分析し比較するデジタル映像テクスチャー分析方法を提供する。

【解決手段】 (a) 原映像の画素値の平均  $\mu_0$  と、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  を求め、(b)  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることにより  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求め、(c) 各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}$ 、 $\mu_{21}$ 、 $\dots$ 、 $\mu_{nn}$  と分散  $\sigma_{11}$ 、 $\sigma_{21}$ 、 $\dots$ 、 $\sigma_{nn}$  とを求め、(d) 前記 (a) 段階で求めた原映像の画素値の平均  $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  と、前記 (c) 段階で求めた各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}$ 、 $\mu_{21}$ 、 $\dots$ 、 $\mu_{nn}$  と分散  $\sigma_{11}$ 、 $\sigma_{21}$ 、 $\dots$ 、 $\sigma_{nn}$  とをテクスチャー特徴として含むテクスチャー記述子を求めることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル映像のテクスチャー特性を分析する方法において、  
原映像の画素値の平均をテクスチャー特徴として含むテクスチャー記述子を求める段階を含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項2】 前記テクスチャー特徴は、原映像の画素値の分散をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項3】 デジタル映像のテクスチャー特性を分析する方法において、  
原映像の画素値の分散をテクスチャー特徴として含むテクスチャー記述子を求める段階を含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項4】 デジタル映像のテクスチャー特性を分析する方法において、

(a) 原映像の画素値の平均 $\mu_0$ と、原映像の画素値の分散 $\sigma_0$ を求める段階と、

(b) mとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求める段階と、

(c) 各フィルタリングされた映像の平均 $\mu_{11}$ ,  $\mu_{21}$ , . . . ,  $\mu_{nn}$ と各フィルタリングされた映像の分散 $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , . . . ,  $\sigma_{nn}$ を求める段階と、

(d) 前記(a)段階で求めた原映像の画素値の平均 $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散 $\sigma_0$ と、前記(c)段階で求めた各フィルタリングされた映像の平均 $\mu_{11}$ ,  $\mu_{21}$ , . . . ,  $\mu_{nn}$ と各フィルタリングされた映像の分散 $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , . . . ,  $\sigma_{nn}$ をテクスチャー特徴として含むテクスチャー記述子を求める段階とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項5】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィルタであることを特徴とする請求項4に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項6】 デジタル映像のテクスチャーを分析する方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体において、

(a) 原映像の画素値の平均 $\mu_0$ と、原映像の画素値の分散 $\sigma_0$ を求める段階と、

(b) mとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求める段階と、

(c) 各フィルタリングされた映像の平均 $\mu_{11}$ ,  $\mu_{21}$ , . . . ,  $\mu_{nn}$ と各フィルタリングされた映像の分散 $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , . . . ,  $\sigma_{nn}$ を求める段階と、

(d) 前記(a)段階で求めた原映像の画素値の平均 $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散 $\sigma_0$ と、前記(c)段階で求めた各フィルタリングされた映像の平均 $\mu_{11}$ ,

$\mu_{21}$ , . . . ,  $\mu_{nn}$ と各フィルタリングされた映像の分散 $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , . . . ,  $\sigma_{nn}$ をテクスチャー特徴として含むテクスチャー記述子を求める段階とを含むデジタル映像のテクスチャーを分析する方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵することを特徴とするコンピュータ読取り可能記録媒体。

【請求項7】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィルタであることを特徴とする請求項6に記載のコンピュータ読取り可能記録媒体。

【請求項8】 デジタル映像のテクスチャー特性を分析する装置において、

原映像の画素値の平均及び分散を求める平均／分散計算部と、

前記平均及び分散をテクスチャー記述子として設定するテクスチャー記述子設定部とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析装置。

【請求項9】 mとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求めるフィルタリング部をさらに含み、

前記平均／分散計算部は、原映像の画素値の平均 $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散 $\sigma_0$ と、各フィルタリングされた映像の平均 $\mu_{11}$ ,  $\mu_{21}$ , . . . ,  $\mu_{nn}$ と各フィルタリングされた映像の分散 $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , . . . ,  $\sigma_{nn}$ を求め、前記テクスチャー記述子設定部は、

原映像の画素値の平均 $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散 $\sigma_0$ と、各フィルタリングされた映像の平均 $\mu_{11}$ ,

$\mu_{21}$ , . . . ,  $\mu_{nn}$ と各フィルタリングされた映像の分散 $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{21}$ , . . . ,  $\sigma_{nn}$ をテクスチャー特徴として含むテクスチャー記述子を求めることを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析装置。

【請求項10】 原映像の画素値の平均及び分散をテクスチャー特性として含むテクスチャー記述子を使用して、照会映像のテクスチャー記述子と類似したテクスチャー記述子を有する映像を検索する段階を含むことを特徴とするデジタル映像検索方法。

【請求項11】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

任意の二つのデジタル映像の画素値の平均の絶対差を含むマッチングメトリックを計算する段階を含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項12】 前記マッチングメトリックは、原映像の画素値の分散の絶対差をさらに含むことを特徴とする請求項11に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項13】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテク

スチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

任意の二つのデジタル映像の画素値の分散の絶対差を含むマッチングメトリックを計算する段階を含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項 14】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(f)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(f)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

とする時、原映像と  $m \times n$  フィルタリングされた映像に対して

【数 2】

$$d(i, j) = \sum_{m,n} d_{m,n}(i, j) + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項 15】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィルタであることを特徴とする請求項 14 に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項 16】 任意の二つのデジタル映像間のマッチ

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(f)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(f)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

とする時、原映像と  $m \times n$  フィルタリングされた映像に対して

【数 4】

$$d(i, j) = \sum_{m,n} d_{m,n}(i, j) + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階とを含むデジタル映像テクスチャー分析方法を行うプログラムコードを記憶することを特徴とするコンピュータ読取り可能記録媒体。

【請求項 17】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィルタであることを特徴とする請求項 16 に記載のコンピュータ読取り可能記録媒体。

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(f)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(f)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

とする時、

【数 6】

$$d(i, j) = \sum_{m,n} d_{m,n}(i, j) + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算するマッチングメトリック計算部を含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析装置。

【請求項 19】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィ

(a) 任意の二つの映像に対して  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める段階と、

(b) 各映像の画素値の平均及び分散を各々  $\mu$  と  $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々  $\mu_0$  と  $\sigma_0$  とし、

【数 1】

ングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを記憶するコンピュータ読取り可能記録媒体において、

(a) 任意の二つの映像に対して  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める段階と、

(b) 各映像の画素値の平均及び分散を各々  $\mu$  と  $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々  $\mu_0$  と  $\sigma_0$  とし、

【数 3】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(f)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(f)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

【請求項 18】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析装置において、

(a) 任意の二つの映像に対して  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求めるフィルタリング部と、原映像と  $m \times n$  フィルタリングされた映像を入力して各映像の画素値の平均及び分散を  $\mu$  及び  $\sigma$  とし、

【数 5】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(f)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(f)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(f)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

ルタであることを特徴とする請求項 18 に記載のデジタル映像テクスチャー分析装置。

【請求項 20】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

(a) 任意の二つの映像に対して相異なる方向性係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を

求める段階と、

(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項21】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィルタであることを特徴とする請求項20に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項22】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

(a) 任意の二つの映像に対して相異なる方向性係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、

(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の分散の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq K} \left[ \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n \oplus t}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n \oplus t}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right| \right) \right]$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階を含むことを特徴とする請求項22に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項26】 前記(b')段階は、

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

、 $\odot +$ はモジュールでシフト関数を示すとする時、 $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して、

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq K} \left[ \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n \oplus t}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n \oplus t}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right| \right) \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階を含むことを特徴とする請求項25に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項27】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体において、

(a) 任意の二つの映像に対して $m$ と $n$ を所定の正の数

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq K} \left[ \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n \oplus t}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n \oplus t}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right| \right) \right]$$

【請求項23】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィルタであることを特徴とする請求項22に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項24】 前記(b)段階は、任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和と画素値の分散の絶対差和との和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階を含むことを特徴とする請求項22に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項25】 前記(a)段階は、

(a') 任意の二つの映像に対して $m$ と $n$ を所定の正の数とする時、 $m$ スケールと $n$ 方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって $m \times n$ フィルタリングされた映像を求める段階を含み、前記(b)段階は、

(b') 各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、 $K$ は所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、 $\odot +$ （以後、“ $\odot +$ ”は、 $\odot$ に $+$ を内接させた記号を表すものとする）はモジュールでシフト関数を示すとする時、 $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して、

【数7】

各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ 、 $K$ は所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、

【数8】

【数9】

とする時、 $m$ スケールと $n$ 方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって $m \times n$ フィルタリングされた映像を求める段階と、

(b) 各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、 $K$ は所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、 $\odot +$ はモジュールでシフト関数を示すとする時、 $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して、

【数10】

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階とを含むデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを記憶することとを特徴とするコンピュータ読み取り可能記録媒体。

【請求項28】 前記(b)段階は、各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ 、Kは所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq K} \left[ \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n \oplus i}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n \oplus i}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right| \right) \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階であることを特徴とする請求項27に記載のコンピュータ読み取り可能記録媒体。

【請求項29】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析装置において、

任意の二つの映像に対してmとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求めるフィル

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq K} \left[ \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n \oplus i}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n \oplus i}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right| \right) \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算するマッチングメトリック計算部とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析装置。

【請求項30】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

(a) 任意の二つの映像に対して相異なるスケール係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、

(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項31】 前記所定のフィルタは、ガウシアフィルタであることを特徴とする請求項30に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項32】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

(a) 任意の二つの映像に対して相異なるスケール係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像

【数11】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

、○+はモジュールでシフト関数を示すとする時、m×nフィルタリングされた映像に対して、

【数12】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

タリング部と、

各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ 、Kは所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、

【数13】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

、○+はモジュールでシフト関数を示すとする時、m×nフィルタリングされた映像に対して、

【数14】

を求める段階と、

(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の分散の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項33】 前記所定のフィルタは、ガウシアフィルタであることを特徴とする請求項32に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項34】 前記(b)段階は、

(b') 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差と画素値の分散の絶対差との和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階を含むことを特徴とする請求項32に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項35】 前記(a)段階は、

任意の二つの映像に対してmとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求める段階を含み、

前記(b)段階は、

(b') 各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、 $S$ は所定の正の数として考慮しようとするスケール係数の数とする時、 $m \times n$ フィルタリングされた映像に対し

$$d(i, j) = \min_{p=0,1} \left[ \sum_{q=0,1}^{S-1} \sum_n \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right]$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階を含むことを特徴とする請求項32に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項36】 前記(b')段階は、各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ 、

$$d(i, j) = \min_{p=0,1} \left[ \sum_{q=0,1}^{S-1} \sum_n \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階を含むことを特徴とする請求項35に記載のデジタル映像テクスチャー分析方法。

【請求項37】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法を行うプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読み取り可能記録媒体において、

(a) 任意の二つの映像に対して $m$ と $n$ を所定の正の数

$$d(i, j) = \min_{p=0,1} \left[ \sum_{q=0,1}^{S-1} \sum_n \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right]$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階を含むデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵することを特徴とするコンピュータ読み取り可能記録媒体。

【請求項38】 前記(b)段階は、各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ 、

$$d(i, j) = \min_{p=0,1} \left[ \sum_{q=0,1}^{S-1} \sum_n \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階であることを特徴とする請求項37に記載のコンピュータ読み取り可能記録媒体。

【請求項39】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析装置において、任意の二つの映像に対して $m$ と $n$ を所定の正の数とする

$$d(i, j) = \min_{p=0,1} \left[ \sum_{q=0,1}^{S-1} \sum_n \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right]$$

として定義されるマッチングメトリックを計算するマッ

て、

【数15】

【数16】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

10

とする時、 $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して、

【数17】

とする時、 $m$ スケールと $n$ 方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって $m \times n$ フィルタリングされた映像を求める段階と、

20

(b) 各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、 $S$ は所定の正の数として考慮しようとするスケール係数の数とする時、 $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して、

【数18】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

とする時、原映像及び $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して、

【数20】

時、 $m$ スケールと $n$ 方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって $m \times n$ フィルタリングされた映像を求めるフィルタリング部と、

各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、 $S$ は所定の正の数として考慮しようとするスケール係数の数とする時、 $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して、

【数21】

50

マッチングメトリック計算部とを含むことを特徴とするデジ

タル映像テクスチャー分析装置。

【請求項40】 前記所定のフィルタは、ガーバーフィルタであることを特徴とする請求項39に記載のデジタル映像テクスチャー分析装置。

【請求項41】 前記マッチングメトリック計算部は、各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ 、

$$d(i, j) = \min_{p=0,1} \left[ \sum_{q=0,1}^{S-1} \sum_n \left| \frac{\mu'_{m+p,n}}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu'_{m+q,n}}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma'_{m+p,n}}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma'_{m+q,n}}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算することを特徴とする請求項39に記載のデジタル映像テクスチャー分析装置。

【請求項42】 任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法において、

(a) 任意の二つの映像に対して相異なるスケール係数と相異なる方向性係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、

(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数及び方向性係数と違うスケール係数及び方向性係数の所定のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の分散及び平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とするデジタル映像テクスチャー分析方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はデジタル映像テクスチャー分析方法に係り、特にテクスチャー記述子を使用してデジタル映像のテクスチャーを分析するデジタル映像テクスチャー分析方法に関する。また、本発明は本願の出願人によって1999.10.1に出願された“METHOD FOR ANALYZING OF STILL IMAGE TEXTURE”という題目の米国特許仮出願第60/157,077号を基にする。

【0002】

【従来の技術】 図1には、従来の技術のデジタル映像テクスチャー分析方法を説明するための図面を示した。図1を参照すれば、従来の技術のデジタル映像テクスチャー分析方法によれば、所定のフィルタリングを遂行させることによってフィルタリングされた映像を求め、フィルタリングされた映像の画素値の平均及び分散を映像のテクスチャー記述子として使用する。テクスチャー記述子は映像のテクスチャー分析結果を示す。

【0003】 しかし、前記のようなデジタル映像テクスチャー分析方法は、一映像のテクスチャー特徴が他の一映像のテクスチャー特徴と似ているにもかかわらず、一映像が他の一映像に対して回転されていたり拡大または

【数22】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

とする時、 $m \times n$  フィルタリングされた映像に対して、

【数23】

縮小されている映像に対するテクスチャー特徴を分析すれば相異なるテクスチャー特性を有することと示される場合があるという問題点がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明が解決しようとする技術的課題は、映像のテクスチャー特性をより正確に分析し比較するデジタル映像テクスチャー分析方法を提供することである。

【0005】 本発明が解決しようとする他の技術的課題は、前記デジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体を提供することである。

【0006】 本発明が解決しようとするまた他の技術的課題は、前記デジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのデジタル映像テクスチャー分析装置を提供することである。

【0007】 本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記デジタル映像分析方法によってインデクシングされたテクスチャー記述子を使用して映像を検索するデジタル映像検索方法を提供することである。

【0008】 本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、二つの映像のテクスチャー特徴の類似度を正確に分析するデジタル映像分析方法を提供することである。

【0009】 本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記デジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体を提供することである。

【0010】 本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記デジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのデジタル映像テクスチャー分析装置を提供することである。

【0011】 本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、一映像に対して他の一映像が相対的に回転されている場合にも二つの映像のテクスチャー特徴が似ていることと正確に分析するデジタル映像分析方法を提供することである。

【0012】 本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記デジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュー



タ読取り可能記録媒体を提供することである。

【0013】本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記デジタル映像テキスト分析方法を遂行させるためのデジタル映像テキスト分析装置を提供することである。

【0014】本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、一映像に対して他の一映像が相対的に拡大または縮小されている場合にも二つの映像のテキスト特徴が似ていることと正確に分析するデジタル映像テキスト分析装置を提供することである。

【0015】本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記デジタル映像テキスト分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体を提供することである。

【0016】本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、前記デジタル映像テキスト分析方法を遂行させるためのデジタル映像テキスト分析装置を提供することである。

【0017】本発明が解決しようとするさらに他の技術的課題は、一映像に対して他の一映像が相対的に回転されていたり拡大または縮小されている場合にも二つの映像のテキスト特徴が似ていることと正確に分析するデジタル映像テキスト分析装置を提供することである。

#### 【0018】

【課題を解決するための手段】前記課題を達成するために本発明の側面に係るデジタル映像テキスト分析装置は、原映像の画素値の平均をテキスト特徴として含むテキスト記述子を求める段階を含むことを特徴とする。

【0019】また、前記テキスト特徴は、原映像の画素値の分散をさらに含むことが望ましい。

【0020】前記課題を達成するために本発明の他側面に係るデジタル映像のテキスト分析装置は、原映像の画素値の分散をテキスト特徴として含むテキスト記述子を求める段階を含むことを特徴とする。

【0021】前記課題を達成するために本発明の他側面に係るデジタル映像のテキスト分析装置は、(a) 原映像の画素値の平均  $\mu_0$  と、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  を求める段階と、(b)  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める段階と、(c) 各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  を求める段階と、(d) 前記 (a) 段階で求めた原映像の画素値の平均  $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  と、前記 (c) 段階で求めた各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11},$

$\sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  をテキスト特徴として含むテキスト記述子を求める段階とを含むことを特徴とする。

【0022】前記他の課題を達成するために本発明に係るコンピュータ読取り可能記録媒体は、デジタル映像のテキスト特徴を分析する方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体において、(a) 原映像の画素値の平均  $\mu_0$  と、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  を求める段階と、(b)  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める段階と、(c) 各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  を求める段階と、(d) 前記 (a) 段階で求めた原映像の画素値の平均  $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  と、前記 (c) 段階で求めた各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  をテキスト特徴として含むテキスト記述子を求める段階とを含むデジタル映像のテキスト特徴を分析する方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵することを特徴とする。

【0023】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るデジタル映像のテキスト分析装置は、原映像の画素値の平均及び分散を求める平均／分散計算部と、前記平均及び分散をテキスト記述子として設定するテキスト記述子設定部とを含むことを特徴とする。

【0024】また、前記デジタル映像のテキスト分析装置は、 $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求めるフィルタリング部をさらに含み、前記平均／分散計算部は、原映像の画素値の平均  $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  と、各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  を求め、前記テキスト記述子設定部は、原映像の画素値の平均  $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  と、各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  をテキスト特徴として含むテキスト記述子を求めることが望ましい。

【0025】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るデジタル映像検索方法は、原映像の画素値の平均及び分散をテキスト特性として含むテキスト記述子を使用して、照会映像のテキスト記述子と類似したテキスト記述子を有する映像を検索する段階を含むことを特徴とする。

【0026】前記さらに他の課題を達成するために本発明の一側面に係るデジタル映像テクスチャー分析方法は、任意の二つのデジタル映像の画素値の平均の絶対差を含むマッチングメトリックを計算する段階を含むことを特徴とする。

【0027】また、前記マッチングメトリックは、原映像の画素値の分散の絶対差をさらに含むことが望ましい。

【0028】前記さらに他の課題を達成するために本発明の他側面に係るデジタル映像テクスチャー分析方法は、任意の二つのデジタル映像の画素値の分散の絶対差を含むマッチングメトリックを計算する段階を含むこと

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

とする時、原映像と $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して

【数25】

$$d(i, j) = \sum_{m,n} d_{m,n}(i, j) + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階とを含むことを特徴とする。

【0030】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るコンピュータ読取り可能記録媒体は、任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価す

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

とする時、原映像と $m \times n$ フィルタリングされた映像に対して

【数27】

$$d(i, j) = \sum_{m,n} d_{m,n}(i, j) + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階とを含むデジタル映像テクスチャー分析方法を行うプログラムコードを貯蔵することを特徴とする。

【0031】前記さらに他の課題を達成するために本発

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|, \quad d_{m,n}(i, j) = \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right|$$

とする時、

【数29】

$$d(i, j) = \sum_{m,n} d_{m,n}(i, j) + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算するマッチングメトリック計算部を含むことを特徴とする。

【0032】前記さらに他の課題を達成するために本発明の一側面に係るデジタル映像テクスチャー分析方法は、任意の二つの映像に対して相異なる方向性係数の所

を特徴とする。

・【0029】前記さらに他の課題を達成するために本発明の他側面に係るデジタル映像テクスチャー分析方法は、(a) 任意の二つの映像に対して $m$ と $n$ を所定の正の数とする時、 $m$ スケールと $n$ 方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって $m \times n$ フィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 各映像の画素値の平均及び分散を各々 $\mu$ と $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ とし、

【数24】

るデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体において、(a) 任意の二つの映像に対して $m$ と $n$ を所定の正の数とする時、 $m$ スケールと $n$ 方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって $m \times n$ フィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 各映像の画素値の平均及び分散を各々 $\mu$ と $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々 $\mu_0$ と $\sigma_0$ 、

【数26】

明に係るデジタル映像テクスチャー分析装置は、任意の二つの映像を入力して $m$ と $n$ を所定の正の数とする時、 $m$ スケールと $n$ 方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって $m \times n$ フィルタリングされた映像を求めるフィルタリング部と、原映像と $m \times n$ フィルタリングされた映像を入力して各映像の画素値の平均及び分散を $\mu$ 及び $\sigma$ とし、

【数28】

定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とする。

【0033】前記さらに他の課題を達成するために本発明の他側面に係るデジタル映像テクスチャー分析方法

は、(a) 任意の二つの映像に対して相異なる方向性係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の分散の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とする。

【0034】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るコンピュータ読取り可能記録媒体は、任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価す

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq k} \left[ \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n \oplus l}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n \oplus l}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right| \right) \right]$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階とを含むデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵することを特徴とする。

【0035】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るデジタル映像テクスチャー分析装置は、任意の二つの映像を入力してmとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求めるフィルタリ

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq k} \left[ \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n \oplus l}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n \oplus l}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right| \right) \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算するマッチングメトリック計算部とを含むことを特徴とする。

【0036】前記さらに他の課題を達成するために本発明の一側面に係るデジタル映像テクスチャー分析方法は、(a) 任意の二つの映像に対して相異なるスケール係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とする。

【0037】前記さらに他の課題を達成するために本発明の他側面に係るデジタル映像テクスチャー分析方法は、(a) 任意の二つの映像に対して相異なるスケール係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のフィルタによってフィ

$$d(i,j) = \min_{p=0,1} \left[ \sum_{q=0,1}^{S-1} \sum_{m,n} \left( \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right) \right]$$

るデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体において、(a) 任意の二つの映像に対してmとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 各映像の画素値の平均及び分散をμ及びσ、Kは所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、○+はモジュールでシフト関数を示すとする時、m×nフィルタリングされた映像に対して、

【数30】

ング部と、各映像の画素値の平均及び分散をμ及びσ、原映像の画素値の平均と分散を各々μ<sub>0</sub>とσ<sub>0</sub>、Kは所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、

【数31】

$$b = \left| \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} \right| + \left| \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \right|$$

、○+はモジュールでシフト関数を示すとする時、m×nフィルタリングされた映像に対して、

【数32】

ルタリングされた映像に対して画素値の分散の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とする。

【0038】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るコンピュータ読取り可能記録媒体は、任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像のテクスチャーの類似度を評価するデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵するコンピュータ読取り可能記録媒体において、(a) 任意の二つの映像に対してmとnを所定の正の数とする時、mスケールとn方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによってm×nフィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 各映像の画素値の平均及び分散をμ及びσ、Sは所定の正の数として考慮しようとするスケール係数の数とする時、m×nフィルタリングされた映像に対して、

【数33】

として定義されるマッチングメトリックを計算する段階とを含むデジタル映像テクスチャー分析方法を遂行させるためのプログラムコードを貯蔵することを特徴とする。

【0039】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るデジタル映像テクスチャー分析装置は、任意の二つの映像を入力して  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィ

$$d(i, j) = \min_{\substack{p=0,1 \\ q=0,1}} \left[ \sum_{m=1}^{S-1} \sum_{n=1}^{S-1} \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n})} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n})} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n})} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n})} \right| \right]$$

として定義されるマッチングメトリックを計算するマッチングメトリック計算部とを含むことを特徴とする。

【0040】前記さらに他の課題を達成するために本発明に係るデジタル映像テクスチャー分析装置は、(a) 任意の二つの映像に対して相異なるスケール係数と相異なる方向性係数の所定のフィルタを使用してフィルタリングされた映像を求める段階と、(b) 任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数及び方向性係数と違うスケール係数及び方向性係数の所定のフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の分散及び平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める段階とを含むことを特徴とする。

#### 【0041】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面を参照して本発明の望ましい実施形態に対してより詳細に説明する。

【0042】図2には、本発明の一実施形態に係るデジタル映像分析装置の構造をブロック図として示した。図3には、図2のデジタル映像分析装置内で行われる本発明の一実施形態に係るデジタル映像分析方法の主要段階をフローチャートとして示した。図3は以下で随時参照される。

【0043】先ず、図2を参照すれば、本発明の一実施形態に係るデジタル映像分析装置は、第1平均/分散計算部202、フィルタリング部204、第2平均/分散計算部206、及びテクスチャー記述子設定部208を具備する。前記のような装置の動作を説明する。第1平均/分散計算部202は、原映像の画素値の平均  $\mu_0$  と、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  を求める（段階302）。次に、フィルタリング部204は  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有するガウシアンフィルタを使用して  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める（段階304）。次に、第2平均/分散計算部206は、各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  を求める（段階306）。

ルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求めるフィルタリング部と、各映像の画素値の平均及び分散を  $\mu$  及び  $\sigma$ 、 $S$  は所定の正の数として考慮しようとするスケール係数の数とする時、 $m \times n$  フィルタリングされた映像に対して、

【数34】

【0044】テクスチャー記述子設定部208は、前記段階302で求めた原映像の画素値の平均  $\mu_0$ 、原映像の画素値の分散  $\sigma_0$  と、前記段階306で求めた各フィルタリングされた映像の平均  $\mu_{11}, \mu_{21}, \dots, \mu_{nn}$  と各フィルタリングされた映像の分散  $\sigma_{11}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{nn}$  をテクスチャー特徴として含むテクスチャー記述子  $\{\mu_0, \sigma_0, \mu_{11}, \sigma_{11}, \mu_{21}, \sigma_{21}, \dots, \mu_{nn}, \sigma_{nn}\}$  を求める（段階308）。

【0045】このようなテクスチャー記述子は映像をインデクシングする時に使われる。インデクシングされた映像は映像データベースを構成する。映像データベースが構成されれば、インデクシングされた映像中で照会映像のテクスチャー記述子と類似したテクスチャー記述子を有する映像を検索できる。特に、前述した実施形態に係る分析方法によって原映像の画素値の平均及び分散をテクスチャー特性として含むテクスチャー記述子を使用して照会映像と類似した映像を検索するシミュレーションを実行した結果、検索効率が向上したことを見つけた。

【0046】図4には、本発明の他実施形態に係るデジタル映像分析装置の構造をブロック図として示した。図5には、図4のデジタル映像分析装置内で遂行される本発明の他実施形態に係るデジタル映像分析方法の主要段階をフローチャートとして示した。図5は以下で随時参照される。

【0047】図4を参照すれば、本発明の他実施形態に係るデジタル映像分析装置は、フィルタリング部402、及びマッチングメトリック計算部404を具備する。前記のような装置の動作を説明する。フィルタリング部402は任意の二つの映像に対して  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有するガウシアンフィルタを使用して  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める（段階502）。

【0048】マッチングメトリック計算部404は、各映像の画素値の平均及び分散を各々  $\mu$  と  $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々  $\mu_0$  と  $\sigma_0$  とし、

【数35】

$$b = \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} + \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)} \quad d_{m,n}(i,j) = \frac{\mu_{m,n}^{(i)} - \mu_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} + \frac{\sigma_{m,n}^{(i)} - \sigma_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})}$$

とする時、原映像と  $m \times n$  フィルタリングされた映像に対して

【数 3 6】

$$d(i,j) = \sum_{m,n} d_{m,n}(i,j) + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する（段階 504）。計算されたマッチングメトリックは二つの映像のテクスチャー特徴がどの程度の差があるかを示す。即ち、計算されたマッチングメトリックが小さいほど二つの映像のテクスチャー特徴は似ていることと決定される。このようなデジタル映像分析方法は、任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像の類似度を評価し、映像のテクスチャー特徴を使用して映像を検索するのに応用できる。

【0049】図 6 には、図 4 のデジタル映像分析装置内で遂行される本発明の他実施形態に係るデジタル映像分析方法の主要段階をフローチャートとして示した。本実

$$d_{m,n}(i,j) = \min_{1 \leq i \leq K} \left[ \sum_{m,n} \left( \frac{\mu_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\mu_{m,n})} - \frac{\mu_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\mu_{m,n})} + \frac{\sigma_{m,n}^{(i)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} - \frac{\sigma_{m,n}^{(j)}}{\alpha(\sigma_{m,n})} \right) \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する（段階 604）。計算されたマッチングメトリックは二つの映像のテクスチャー特徴がどの程度の差を有するかを示す。即ち、計算されたマッチングメトリックが小さいほど二つの映像のテクスチャー特徴は似ていることと決定される。特に、二つの映像のテクスチャー特徴が類似しており、一映像に対して他の一映像が相対的に回転されている場合にも、前記のような方法によって計算されたマッチングメトリックは二つの映像のテクスチャー特徴が似ていることと正確に分析する。即ち、一映像に対して他の一映像が相対的に回転されている場合にも従来のテクスチャー分析方法ではテクスチャー特徴が異に示される問題点を解決する。このようなデジタル映像分析方法は、任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像の類似度を評価し、映像のテクスチャー特徴を使用して映像を検索するのに応用できる。

【0051】前記実施形態では、任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係数のガーバーフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和と、画素値の分散の絶対差和を各々求め、求めた絶対差和の和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求めることを実施形態として記述したが、任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係

施形態で、フィルタリング部 402 は任意の二つの映像に対して  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有する所定のフィルタを使用して原映像をフィルタリングすることによって  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める（段階 602）。

【0050】次に、マッチングメトリック計算部 404 は、各映像の画素値の平均及び分散を  $\mu$  及び  $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々  $\mu_0$  と  $\sigma_0$ 、 $K$  は所定の正の数として考慮しようとする方向性係数の数、

【数 3 7】

$$b = \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} + \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)}$$

、 $\odot +$ （以後、“ $\odot +$ ” は、 $\odot$  に  $+$  を内接させた記号を表すものとする）はモジュールでシフト関数を示すとする時、 $m \times n$  フィルタリングされた映像に対して、

【数 3 8】

数のガーバーフィルタによりフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求めることもできる。また、代案的に、任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタの方向性係数と違う方向性係数のガーバーフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の分散の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める場合もある。

【0052】図 7 には、図 4 のデジタル映像分析装置内で行われる本発明の他実施形態に係るデジタル映像分析方法の主要段階をフローチャートとして示した。本実施形態で、フィルタリング部 402 は、任意の二つの映像に対して  $m$  と  $n$  を所定の正の数とする時、 $m$  スケールと  $n$  方向性の組み合わせを有するガーバーフィルタを使用して  $m \times n$  フィルタリングされた映像を求める（段階 702）。

【0053】次に、マッチングメトリック計算部 404 は、各映像の画素値の平均及び分散を各々  $\mu$  及び  $\sigma$ 、原映像の画素値の平均と分散を各々  $\mu_0$  と  $\sigma_0$ 、

【数 3 9】

$$b = \frac{\mu_0^{(i)} - \mu_0^{(j)}}{\alpha(\mu_0)} + \frac{\sigma_0^{(i)} - \sigma_0^{(j)}}{\alpha(\sigma_0)}$$

とする時、 $m \times n$  フィルタリングされた映像に対して、

【数 4 0】

$$d(i, j) = \min_{\substack{p=0,1 \\ q=0,1}} \left[ \sum_{m=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{S-1} \left| \frac{\mu_{m+p,n}^i}{\alpha(\mu_{m+p,n}^i)} - \frac{\mu_{m+q,n}^j}{\alpha(\mu_{m+q,n}^j)} \right| + \left| \frac{\sigma_{m+p,n}^i}{\alpha(\sigma_{m+p,n}^i)} - \frac{\sigma_{m+q,n}^j}{\alpha(\sigma_{m+q,n}^j)} \right| \right] + b$$

として定義されるマッチングメトリックを計算する（段階 704）。計算されたマッチングメトリックは二つの映像のテクスチャー特徴がどの程度の差があるかを示す。即ち、計算されたマッチングメトリックが小さいほど二つの映像のテクスチャー特徴は似ていることと決定される。特に、二つの映像のテクスチャー特徴が類似しており、一映像に対して他の一映像が相対的に拡大または縮小されている場合にも、前記のような方法によって計算されたマッチングメトリックは二つの映像のテクスチャー特徴が似ていることと正確に分析する。即ち、一映像に対して他の一映像が相対的に拡大または縮小されている場合にも、従来のテクスチャー分析方法ではテクスチャー特徴が異に示される問題点を解決する。このようなデジタル映像分析方法是、任意の二つのデジタル映像間のマッチングメトリックを求めることによって二つの映像の類似度を評価し、映像のテクスチャー特徴を使用して映像を検索するのに応用できる。

【0054】前記実施形態では任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のガウシアンフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和と、画素値の分散の絶対差和を各々求め、求めた絶対差和の和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求めることを実施形態として記述したが、任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のガウシアンフィルタによりフィルタリングされた映像に対して画素値の平均の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求めることもできる。また、代案的に、任意のフィルタリングされた映像と、前記映像をフィルタリングしたフィルタのスケール係数と違うスケール係数のガウシアンフィルタによってフィルタリングされた映像に対して画素値の分散の絶対差和の最小値を計算することによってマッチングメトリックを求める場合もある。

【0055】図 6 及び図 7 を参照して説明した実施形態に適用された技術は、当業者によって理解されるように

適切に組み合わせて使用することが可能で、このようなデジタル映像テクスチャー分析方法によれば、一映像に対して他の一映像が相対的に回転されていたり拡大または縮小されている場合にも、二つの映像のテクスチャー特徴が似ていることと正確に分析できる。前記のように図 6 及び図 7 を参照して説明した実施形態に適用された技術を組み合わせた実施形態は本明細書で記述しない。

【0056】

【発明の効果】前述したように本発明に係るテクスチャー分析方法は、映像のテクスチャー特性をより正確に分析し比較する。また、本発明に係るデジタル映像テクスチャー分析方法は、一映像に対して他の一映像が相対的に回転されていたり拡大または縮小されている場合にも、二つの映像のテクスチャー特徴が似ていることと正確に分析できる。

【図面の簡単な説明】

20 【図 1】 従来の技術のデジタル映像テクスチャー分析方法を説明するための図面である。

【図 2】 本発明の一実施形態に係るデジタル映像分析装置の構造を示すブロック図である。

【図 3】 図 2 のデジタル映像分析装置内で遂行される本発明の一実施形態に係るデジタル映像分析方法の主要段階を示すフローチャートである。

【図 4】 本発明の他実施形態に係るデジタル映像分析装置の構造を示すブロック図である。

30 【図 5】 図 4 のデジタル映像分析装置内で遂行される本発明の他実施形態に係るデジタル映像分析方法の主要段階を示すフローチャートである。

【図 6】 図 5 と同様の図である。

【図 7】 図 5 と同様の図である。

【符号の説明】

202 第 1 平均／分散計算部

204 フィルタリング部

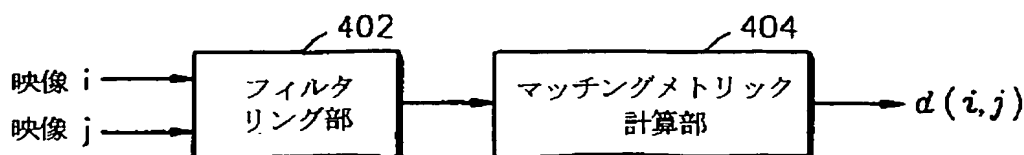
206 第 2 平均／分散計算部

208 テクスチャー記述子設定部

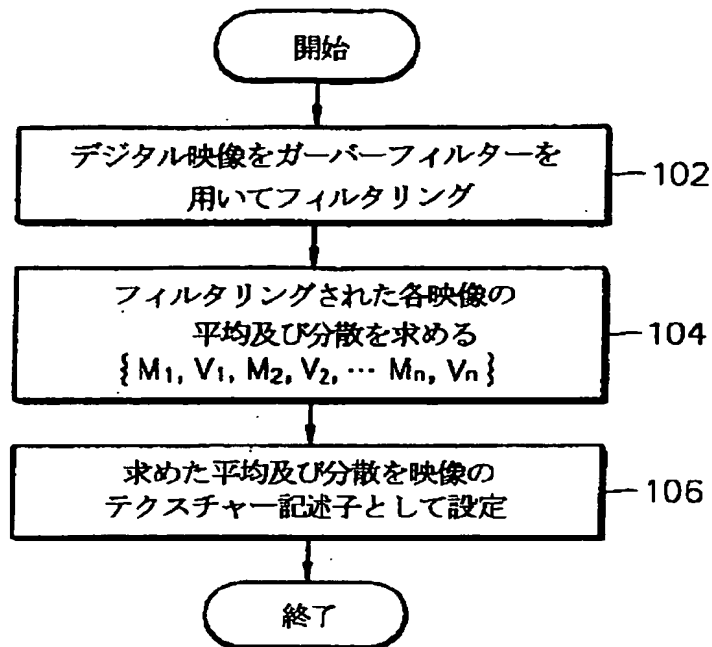
402 フィルタリング部

404 マッチングメトリック計算部

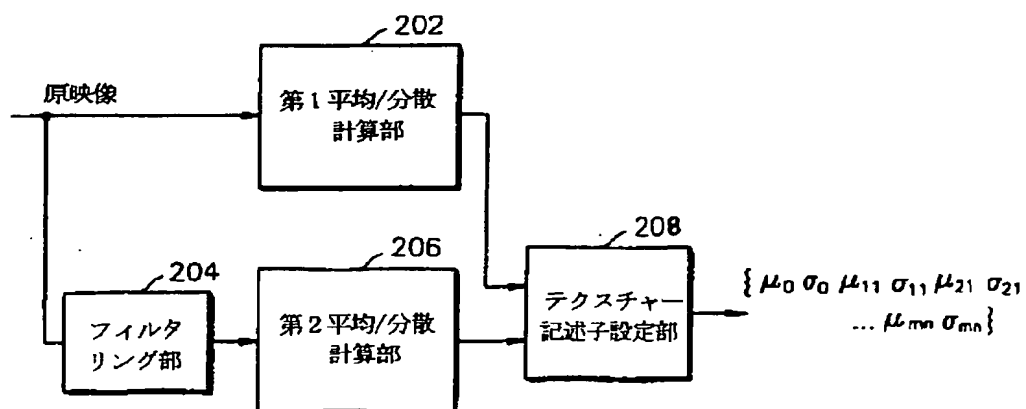
【図 4】



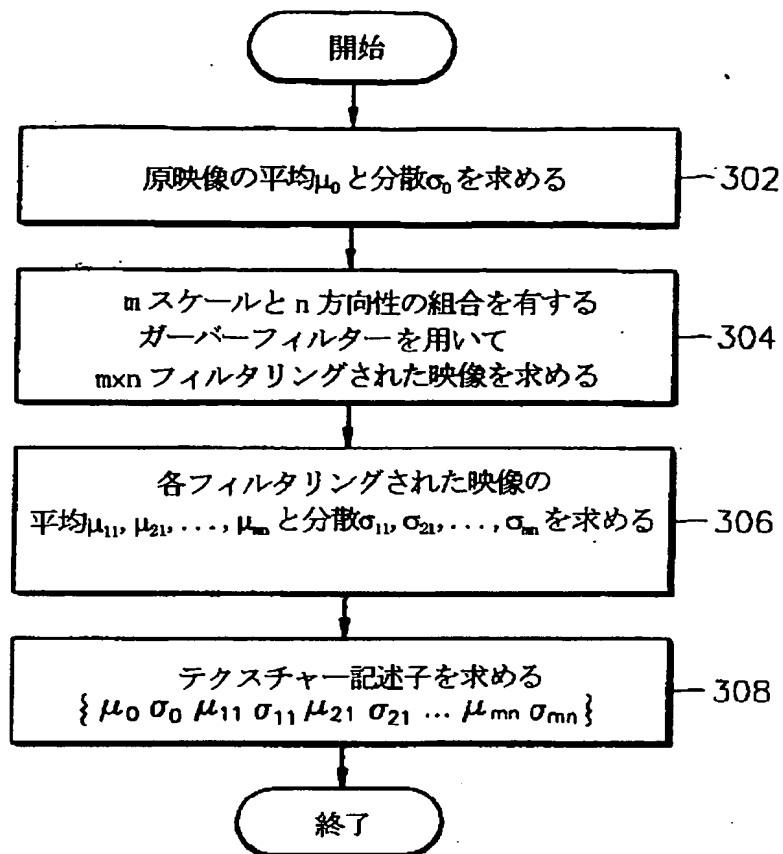
【図 1】



【図 2】

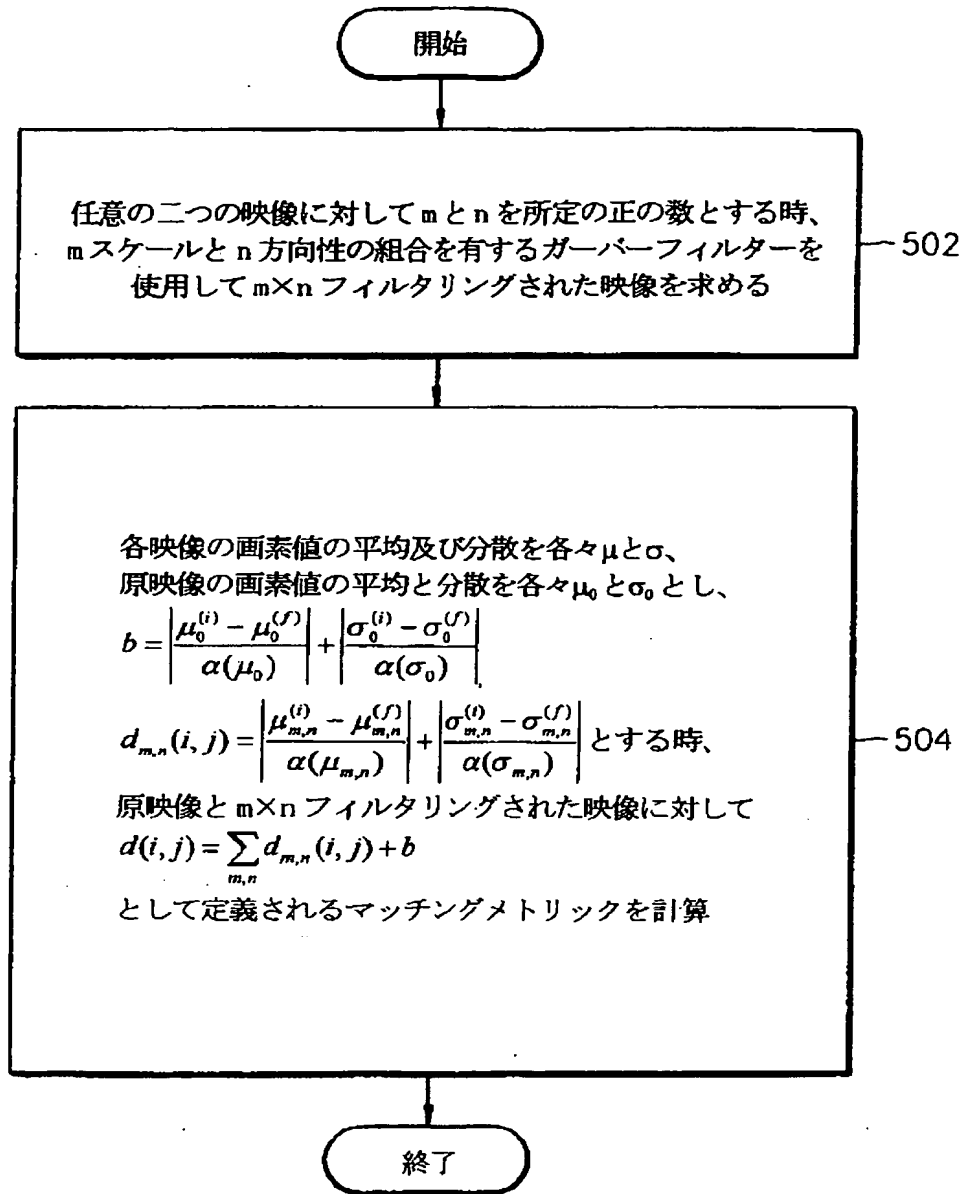


【図 3】.

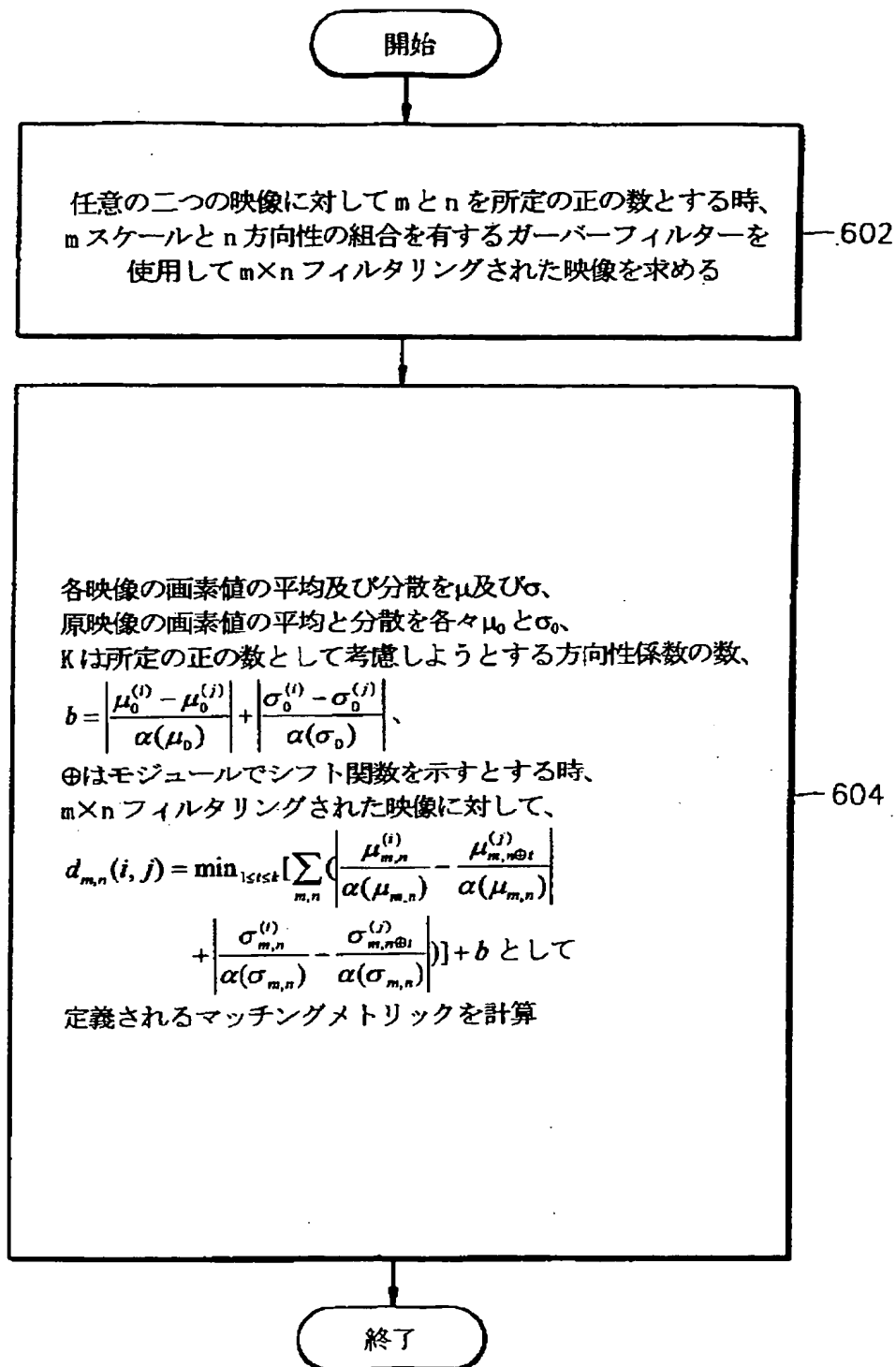




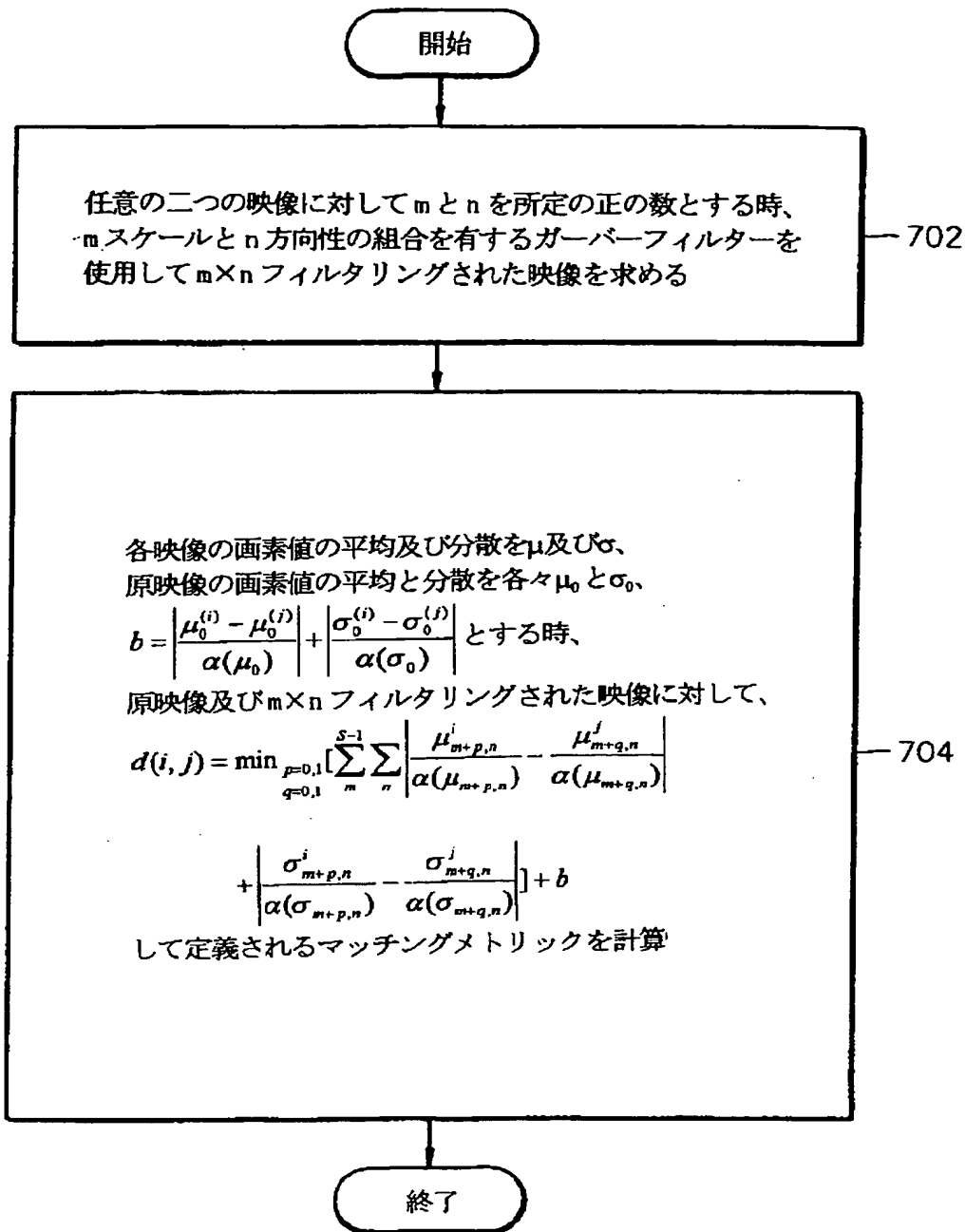
【図 5】



【図 6】.



【図 7】



## フロントページの続き

(71)出願人 598111490

ザ・リージェンツ・オブ・ザ・ユニバーシ  
ティ・オブ・カリフォルニアThe Regents of the  
University of Calif  
orniaアメリカ合衆国 カリフォルニア州94607  
-5200, オークランド, フランクリン・ス  
トリート 1111, フィフス フロア1111 Franklin Street,  
12th Floor, Oakland, C  
alifornia 94607-5200, Un  
ited States of Amer  
ica

(72)発明者 ビー・エス・マンジュナス

アメリカ合衆国・93106-9560・カリフォ  
ルニア・サンタ・バーバラ・ユニバーシテ  
ィ・オブ・カリフォルニア・デパートメン  
ト・オブ・エレクトリカル・アンド・コン  
ピュータ・エンジニアリング